

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ СОЕДИНЕНИЯ И РАЗДЕЛЕНИЯ ОТСЕКОВ

Д.А. Бондаренко, А.Г. Криворучко, П.Г. Хорольский
ГП «Конструкторское бюро «Южное» имени М.К. Янгеля

Аннотация. Данная статья посвящена устройствам и системам, которые предназначены для соединения и, соответственно разделения элементов конструкций ракет, в частности их отсеков, в условиях ограниченного доступа к стыку. При создании ракетной техники конструктор решает целый ряд проблем, поскольку техника должна быть многофункциональной, размещаться в ограниченном объеме и при этом оставаться технологичной. Создание разъемных соединений отсеков ракет является одновременно простым и сложным заданием. Сложность возникает тогда, когда на разъемное соединение накладывается целый ряд ограничений со стороны технологического оборудования, внутренних составных частей ракеты и режимов ее эксплуатации. В последнее время, все более актуальным становится разъемное соединение, которое бы позволяло соединять и разъединять отсеки дистанционно, не имея доступа к самому месту стыка. Целью настоящей статьи является разработка конструкции разъемного соединения, которое бы обеспечивало дистанционное соединение и разъединение элементов конструкций ракет. Рассмотрены различные варианты выполнения систем и устройств соединения и разъединения элементов конструкций между собой, которые наиболее подходят для эффективного решения такой специфической задачи. Проведен анализ и предложены рекомендации к конструкциям и адаптации к многократному использованию при отсутствии возможности технического обслуживания. Научная новизна заключается в создании систем, а именно дистанционного соединения и разъединения отсеков в условиях ограниченного доступа к стыку, а также повышению технологичности и снижению возмущений при расстыковке отсеков. Это позволит в дальнейшем решать такие задачи, как например, соединение аэродинамического обтекателя с ракетой, который сбрасывается, полезного груза с отсеком или отсеков в сборе между собой, - автоматически, без участия технического персонала в зоне работ, что в свою очередь, сможет упростить конструкцию отсеков ракет, технологию их сборки и соответственно технологическое оборудование, которое используется, а также позволит уменьшить время подготовки и проведения пуска ракет.

Ключевые слова: РАЗДЕЛЕНИЕ ОТСЕКОВ, УСТРОЙСТВО РАЗДЕЛЕНИЯ, СОЕДИНЕНИЕ И РАЗДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ, СТЫКИ.

РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМ З'ЄДНАННЯ ТА РОЗ'ЄДНАННЯ ВІДСІКІВ

Д.О. Бондаренко, А.Г. Криворучко, П.Г. Хорольский
ДП «Конструкторське бюро «Південне» імені М.К. Янгеля

Анотація. Дана стаття присвячена пристроям і системам, які призначені для з'єднання і, відповідно, роз'єднання елементів конструкцій ракет, зокрема їх відсіків, в умовах обмеженого доступу до стику. При створенні ракетної техніки конструктор вирішує цілий ряд проблем, оскільки техніка має бути багатофункціональною, розміщуватися в обмеженому об'ємі і при цьому залишатися технологічною. Створення роз'ємних з'єднань відсіків ракет є одночасно простим і складним завданням. Складність виникає тоді, коли на роз'ємне з'єднання накладається цілий ряд обмежень з боку технологічного устаткування, внутрішніх складових частин ракети та режимів її експлуатації. В останній час, все більш актуальним стає роз'ємне з'єднання, яке б дозволяло сполучати і роз'єднувати відсіки дистанційно, не маючи доступу до самого місця стику. Метою цієї статті є розробка конструкції роз'ємного з'єднання, що забезпечує дистанційне з'єднання і роз'єднання елементів конструкцій ракет. Розглянуто різні варіанти виконання систем і пристроїв з'єднання і роз'єднання елементів конструкцій між собою, які найбільш підходять для ефективного рішення такої специфічної задачі. Проведено аналіз та запропоновані рекомендації до цих конструкцій, та адаптації до багаторазового використання при відсутності можливості технічного обслуговування. Наукова новизна полягає у створенні систем, а саме дистанційного з'єднання та роз'єднання відсіків в умовах обмеженого доступу до стику, а також підвищення технологічності і зниження збурень при розстикуванні відсіків. Це дозволить надалі вирішувати такі завдання, як наприклад, з'єднання аеродинамічного обтічника з ракетою, що скидається, стикування корисного вантажу з відсіком або відсіків у зборі між собою, - автоматично, без участі технічного персоналу в зоні робіт, що в свою чергу, зможе спростити конструкцію відсіків ракет, технологію їх зборки і відповідно технологічне устаткування, що використовується, а також дозволить зменшити час підготовки і проведення пуску ракет.

Ключові слова: РОЗДІЛЕННЯ ВІДСІКІВ, ПРИСТРІЙ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ, З'ЄДНАННЯ ТА РОЗ'ЄДНАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ, СТИКИ.

THE DEVELOPMENT OF EFFECTIVE SYSTEMS FOR CONNECTING AND SEPARATING OF COMPARTMENTS

D. Bondarenko, A. Krivoruchko, P. Khorolskiy

State design office «Yuzhnoye»

Abstract. This article is about the devices and systems that are designed to connect and separate structural elements of missiles, in particular, their compartments, in conditions of limited access to the joint. When designers create rocketry, they meet with a number of problems, since it has to be multifunctional, placed in a limited volume and at the same time remain technological. Creating detachable joints of missiles compartments is a simple and difficult task concurrently. It becomes a difficult task when technological equipment, modes of operation and internal components of a missile impose a number of restrictions on the detachable joint. Sometimes these restrictions come to the point that it is necessary to create such a detachable joint, which could connect and separate compartments remotely without access to the joints themselves. And at this moment, all the variety of technical solutions becomes useless without any improvements, since all of them are intended for connection in conditions of normal access to the joint. Thus, the main drawback of the generally known solutions is the lack of functionality, which means impossibility of remote (without access to the joint) connection and separation the detachable joints. The purpose of this article is to develop a design of the detachable joint, which provides remote connection, and separation of the missile structural elements. Using as examples various variants of the devices and systems for connecting and separating structural elements of missiles, various options of the most effective solution of the specific problem, mentioned above, are considered. The analysis is carried out and recommendations are given for their designs adaptation to multiuse without the possibility of maintenance. These recommendations will make it possible to further solve problems such as, for example, connecting a jettison able aerodynamic fairing with a missile, payload with a compartment, or compartments with each other – automatically, without the participation of technical personnel in the work area, which, accordingly, will reducing the time for preparing and launching missiles. Scientific novelty lies in the development of system, namely, remote connection and disconnection of compartments in conditions of limited access to the joint, as well as increase in manufacturability and reduction of disturbances during disconnection of compartments.

Keywords: SEPARATING OF THE COMPARTMENTS, DEVICE FOR SEPARATE, CONNECTION AND SEPARATION OF STRUCTURAL ELEMENTS, JOINTS.

Введение

При создании ракетной техники конструктор сталкивается с целым рядом проблем, так как техника должна быть многофункциональной, размещаться в ограниченном объеме и при всем этом оставаться технологичной. Создание разъемных соединений отсеков ракет является одновременно простой и сложной задачей. Казалось бы, что может быть проще создания разъемного соединения, тем более, что в пособиях по конструированию приведено огромное множество решений по их организации [1-3]. Сложность возникает тогда, когда на проект накладывается целый ряд ограничений со стороны технологического оборудования, внутренних составных частей ракеты и режимов ее эксплуатации. Иногда доходит до того, что необходимо создать такое

разъемное соединение, которое позволяло бы соединять и разъединять отсеки дистанционно, не имея доступа к самому месту стыка. И в этот момент, все то многообразие технических решений становится бесполезным без определенной доли доработки, так как все они предназначены для соединений в условиях свободного доступа к стыку. Таким образом, основным недостатком известных решений является недостаточная функциональность, состоящая в невозможности дистанционного (без доступа к стыку) соединения и разъединения разъемного соединения.

Постановка задачи исследований

Предметом настоящей статьи является разработка конструкции разъемного соединения, обеспечивающего

дистанционное соединение и разъединение элементов конструкций на примере ракет.

Решение задачи

Формально постановка задачи в общем виде формулируется так. Облик любого образца технической системы представлен в виде вектор-функции O_{mc} [4].

$$O_{mc} = F_{mc}(C_{mc}, C_{\sigma}^{mc}) = F_{mc}(P_{mc}, P_{\kappa}),$$

где C_{mc} – компонента вектор-функции, характеризующая структуру данного образца технического решения;

C_{σ}^{mc} – компонента вектор-функции, характеризующая свойства данного образца технического решения;

P_{mc} – множество структурных параметров образца технического решения;

P_{κ} – множество квалиметрических параметров образца технического решения.

Задача состоит в поиске оптимального облика технического решения. Оптимум состоит в поиске варианта облика O_{mc}^{opt} , предпочтительного по сравнению с другими известными параметрами, в число которых входят вновь и созданные при решении задачи, то есть:

$$O_{mc}^{opt} \succ O_{mc}^i \in \{O_{mc}^i; i \in N\},$$

В данном случае предпочтительность найденного решения определяется тем, что вектора структуры C_{mc} и свойств C_{σ}^{mc} имеют

размерность на единицу больше других за счет дополнительного свойства – наличия возможности дистанционного соединения и разъединения элементов стыка. Этим компонентам будут отвечать расширенные компоненты P_{mc} и P_{κ} . Если же таких решений будет несколько, то предпочтение отдается варианту с лучшими значениями соответствующего квалиметрического параметра или параметров.

Когда стоит такая специфическая задача, как соединение и разделение отсеков ракет в условиях ограниченного доступа к стыку, первое, что приходит на ум, – это использование в соединении таких элементов, смещая которые, можно добиться требуемого эффекта. Как пример, это использование цапговых или механических замков.

Рассмотрим некоторые технические решения, которые возможно использовать с доработкой или без нее в угоду таким специфическим требованиям, как соединение и разделение отсеков в условиях ограниченного доступа к стыку.

Самое первое, куда стоит обратить внимание, это организация стыковки космического корабля с международной космической станцией [5]. На данный момент существует единый стандарт для организации стыковочного агрегата международной космической станции [6, 7]. Схема стыковочного агрегата приведена на рис. 1.



Рисунок 1 – Стыковочный агрегат международного стандарта
1 – крюк; 2 – направляющий лепесток; 3 – корпус; 4 – направляющий штырь;
5 – отверстие под направляющий штырь

Как видно из рис. 1, данный агрегат имеет слишком сложную схему, состоящую из большого количества элементов обеспечивающих захват космического корабля, придание ему организованного движения, фиксацию стыкуемых частей и т.д., а также немалый вес, что в совокупности делает неприемлемым его применение в ракетах, которые в основном, по своей сути, являются одноразовым средством доставки полезного груза.

Как вариант реализации механизма удержания для стыковочного агрегата, стоит рассмотреть разработку ОАО

"Ракетно-космическая корпорация "Энергия" имени С.П. Королева" [8] приведённую на рис. 2. Укрупненно он состоит из следующих элементов:

- стыковочного шпангоута;
- системы замков;
- электропривода.

Работает этот механизм следующим образом. После контакта стыковочных шпангоутов космического корабля и станции запускается привод системы замков, который вращает зубчатое колесо с торцевыми зубьями и шкивы закрывают стык с помощью активных крюков.

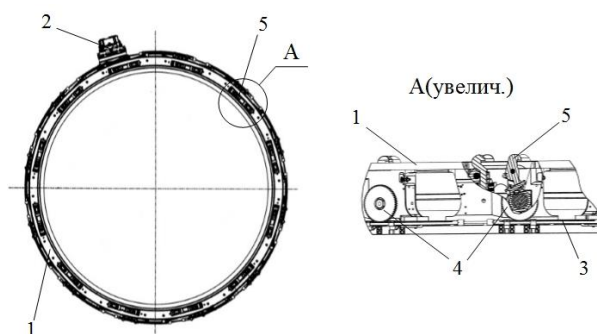


Рисунок 2 – Механизм удержания для стыковочного агрегата

1 – стыковочный шпангоут; 2 – электропривод; 3 – зубчатое колесо; 4 – шкив; 5 – крюк

Приведённый на рис.2 механизм нерационально использовать на ракетах ввиду тех же причин, что и у предыдущего технического решения. Оно и не удивительно, так как данные системы первоначально разрабатывались для многократного использования с обеспечением определенного уровня надежности из-за их сложной и

дорогостоящей замены во время эксплуатации.

Далее мы переходим к рассмотрению вариантов исполнения систем отделения полезных нагрузок на основе механических замков, которые разработаны в ФГУП ПО «Полет» и ФГУП ГКНПЦ им. Хруничева и представлены на рис. 3 и 4, соответственно [9, 10].

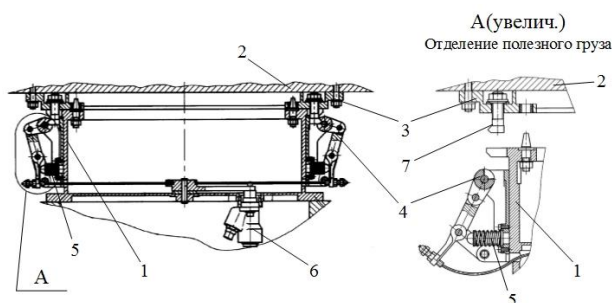


Рисунок 3 – Система отделения полезной нагрузки разработки ФГУП ПО «Полет»

1 – несущая конструкция; 2 – полезный груз; 3 – адаптер; 4 – механический замок; 5 – устройство сброса; 6 – устройство удержания; 7 – элемент крепления адаптера

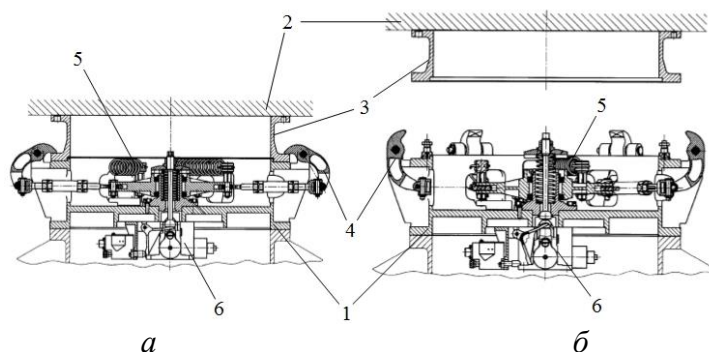


Рисунок 4 – Система отделения полезной нагрузки разработки ФГУП ГКНПЦ им. Хруничева

a – крепление полезного груза; *б* – отделение полезного груза

1 – несущая конструкция; 2 – полезный груз; 3 – адаптер; 4 – механический замок; 5 – устройство сброса; 6 – устройство удержания

Данные системы были выбраны для рассмотрения в этой статье, так как они предназначены для крепления и отделения полезного груза от ракет и имеют схожие принципы работы с разработками других организаций, отличительной особенностью которых является лишь конструктивное исполнение.

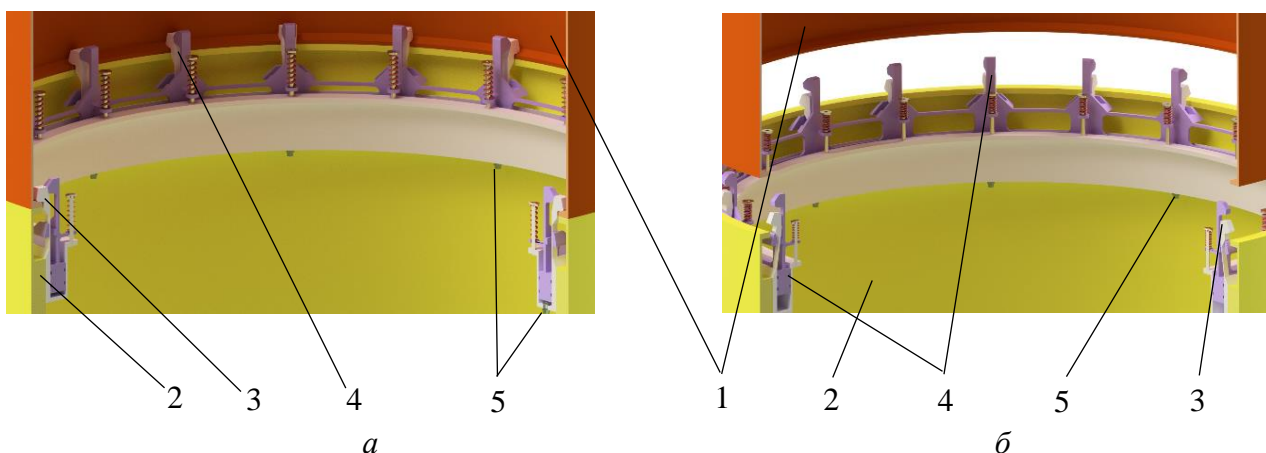
Конструктивно системы отделения состоят из следующего:

- несущей конструкции;
- полезного груза;
- адаптера;
- механического замка;
- устройства сброса;
- устройства удержания;
- элементов крепления адаптера (применяется только для системы отделения разработки ФГУП ПО «Полет»).

Принцип работы выбранных систем отделения заключается в том, что при срабатывании устройств удержания и устройств сброса, которые по своей сути выполняют роль толкателей, механический замок освобождает адаптер с установленным на нем полезным грузом. Использование данных систем для соединения и разделения отсеков в условиях ограниченного доступа к стыку возможно лишь при условии замены их устройств удержания на специальные механизмы, обеспечивающие работу всей

системы (в приведенных случаях это создание вращательного движения) как в одну, так и в другую стороны. Таким образом, изменяя всего лишь один элемент в системе отделения можно добиться совершенно неожиданного результата. Но, даже ввиду предложенной доработки систем отделения разработки ФГУП ПО «Полет» и ФГУП ГКНПЦ им. Хруничева, полученный положительный эффект возможно использовать только для крепления и отделения полезной нагрузки к ракетам и невозможно использовать для соединения и разделения отсеков, так как сами системы слишком громоздки и занимают весь внутренний объем в районе стыкуемых элементов, что существенно делает более тяжелой конструкцию ракеты и соответственно ограничивает ее использование.

Задача соединения и разделения отсеков ракет в условиях ограниченного доступа к их стыку решена в ГП «КБ «Южное» им. М.К. Янгеля созданного устройства на основе цангового замка [11]. Применение цангового замка вызвано необходимостью облегчить и максимально упростить конструкцию устройства за счет использования упругих свойств цанги взамен механизмов, перемещающих механические замки в одном из направлений. Конструктивная схема данного устройства приведена на рис. 5.



a – соединение отсеков; *б* – разъединение отсеков

Рисунок 5 – Устройство для стыковки и расстыковки отсеков разработки ГП «КБ «Южное» им. М.К. Янгеля

Устройство для стыковки и расстыковки отсеков ракет состоит из следующих элементов:

- отсека 1;
- отсека 2;
- цангового кольца;
- элемента удержания-отпирания с поршнем;
- элементов трубопровода.

Функционирует устройство следующим образом. В полость, образованную цанговым кольцом и поршнем элемента удержания-отпирания, подают сжатый газ или жидкость. Под действием создавшегося давления поршень перемещается совместно с элементом удержания-отпирания, тем самым освобождая и отклоняя цанги цангового кольца, которые в свою очередь теряют механическую связь с отсеком 2, освобождая его в тот момент, когда он установлен, или же освобождают пространство для его установки с отсеком 1. При стравливании сжатого газа или жидкости, под действием пружин и сил упругости цанги, устройство возвращается в первоначальное положение и фиксирует отсек 2 (при его наличии) на отсеке 1. Для снижения веса устройства стыковки и расстыковки отсеков, баллоны со сжатым газом или жидкостью возможно заменить

на пироустройства или небольшие газогенераторы с клапанами. Но в этом случае само устройство становится ограниченным в количестве циклов применения. Стоит также обратить внимание, что при использовании данного устройства внутреннее пространство в районе стыкуемых элементов остается свободным, что позволяет использовать его для установки систем и агрегатов в интересах ракеты или полезного груза.

Научная новизна

Научная новизна устройства состоит в том, что оно позволяет выполнить стыковку и расстыковку в условиях ограниченного доступа к стыку, а также повысить технологичность и снизить количество возмущений при расстыковке отсеков.

Выводы

На примере различных вариантов исполнения систем и устройств соединения и разделения элементов конструкций между собой, описаны разнообразные варианты решения такой специфической задачи, как дистанционное соединение и разъединение элементов конструкций ракет в условиях ограниченного доступа к стыку. Это позволит в дальнейшем решать такие

задачи, как например, соединение сбрасываемого аэродинамического обтекателя с ракетой, полезной груза с отсеком или отсеков в сборе между собой – автоматически, без участия технического персонала в зоне работ. И в свою очередь, сможет упростить конструкцию отсеков ракет, технологию их сборки и соответственно применяемое технологическое оборудование, а также позволит уменьшить время подготовки и проведения пуска ракет. Направление дальнейших исследований состоит в совершенствовании патентных решений.

Библиографические ссылки

1. Голубев И.С., Самарин А.В. Проектирование конструкций летательных аппаратов: учебник для вузов. Москва: Машиностроение, 1991. 512с.
2. Проектування і конструкція ракет-носіїв: підручник / Близниченко В.В. та ін.; за ред.акад. С.М. Конюхова. Видавництво ДНУ, 2007. 504с.
3. К.С. Колесников, В.В. Кукушкин. Расчет и проектирование систем разделения ступеней ракет: учебное пособие. Москва: Издательство МГТУ им. Баумана, 2006. 376с.
4. Автономов В.Н. Создание современной техники. Основы теории и практики: учебник. Москва: Машиностроение, 1991. 304с.
5. Сыромятников В.С. Стыковочные устройства космических аппаратов. Москва: Машиностроение, 1984.216с.
6. Lewis, James L. NASA Docking System Technical Integration Meeting. Presentation. – NASA Jonson Space Centre, Houston, United States of America, 2010.
7. International Docking System Standard (IDSS). Revision D. 2015.
8. Механизм герметизации стыка стыковочных агрегатов: пат. 2559666 РФ: МПК В64G1/64. № 2014100652/11; заявл. 02.06.2014; публ. 10.08.2015, Бюл. №22.

9. Система отделения полезной нагрузки: пат. 2268208 РФ: МПК В64G1/64. № 2003116373/11; заявл. 18.03.2009; публ. 20.01.2006, Бюл. №2.
10. Система отделения полезной нагрузки: пат. 2396191 РФ: МПК В64G1/64. № 2009109600/11; заявл. 18.03.2009; публ. 10.08.2010, Бюл. №22.
11. Пристрій для стикування і розтикування відсіків: пат. 129743 Україна: МПК В64G1/00. № и201805023 заявл. 07.05.2018 опубл. 12.11.2018, бюл. № 21.

Поступила в редколлегию 27.10.2020г

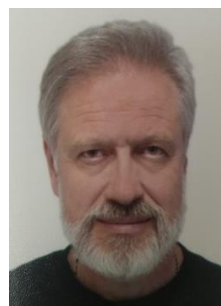
Сведения об авторах



Бондаренко Денис Александрович, Украина
ГП КБ «Южное» им. М.К. Янгеля. Инженер-конструктор отдела по разработке полезных нагрузок, аспирант.
Проектирование изделий РКТ



Криворучко Артем Геннадиевич, Украина
ГП КБ «Южное» им. М.К. Янгеля. Ведущий инженер-конструктор отдела по разработке полезных нагрузок, аспирант.
Проектирование изделий РКТ



Хорольский Петр Георгиевич, Украина. ГП КБ «Южное» им. М.К. Янгеля. Начальник сектора отдела баллистики, кандидат технических наук.
Конструкции и проектирование изделий РКТ